

JAPANESE PATENT OFFICE -- Patent Abstracts of Japan

Publication Number: 11265878 A

Date of Publication: 1999.09.28

Int.Class: H01L 21/3065

Date of Filing: 1999.01.21

✓
RGA

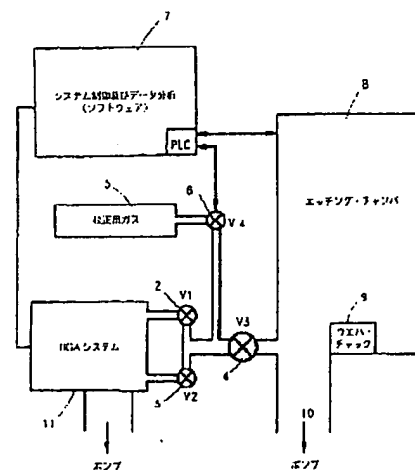
Applicant: INTERNATL BUSINESS MACH
CORP <IBM>
Inventor: JOHN M BAKER
HARRY DOUGLAS CLARK
MICHAEL A COBB
DOREEN DOMINICA DIMILIA
LEE YOUNG HOON
MARK LELAND REES
EDMUND MARION SIKORSKI
IN ZHANG
METHOD AND DEVICE FOR PROVIDING
DETECTION OF END POINT BY ANALYSIS
OF RESIDUAL GAS

Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To accurately determine an etching process end point so as to avoid excess etching by a method wherein gases such as etching seed, etchant, and additional gas in a processing chamber are analyzed by a residual gas analyzer.

SOLUTION: An RGA process monitoring system as a residual gas analyzer(RGA) end point system is composed of a mass spectrometer 11, vacuum valves V

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-265878

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月28日

(51) IntCl.⁹
H 0 1 L 21/3065

識別記号

F I
H 0 1 L 21/302

E

審査請求 未請求 請求項の数31 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平11-13094

(22) 出願日 平成11年(1999) 1月21日

(31) 優先権主張番号 09/014169

(32) 優先日 1998年1月27日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION

アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州アーモンク (番地なし)

(72) 発明者 ジョン・エム・ペーカー

アメリカ合衆国10598、ニューヨーク州ヨークタウン・ハイツ、ヘイズ・ドライブ1455

(74) 代理人 弁理士 坂口 博 (外1名)

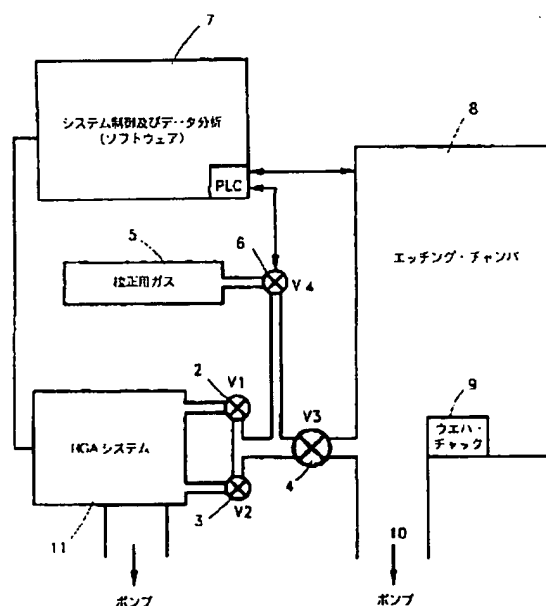
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 残留ガス分析により終点検出を提供する方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 過剰エッチングを回避するために、エッチング・プロセスが終了されるべきポイントを正確に決定する、終点検出のための方法及び装置を提供することである。

【解決手段】 残留ガス分析により、処理チャンバ内のガス（例えばエッチング種、エッチャント、添加ガスなど）を分析することにより、モニタされるプロセスが完了するポイントを決定する。残留ガス分析は更に、処理プロファイルのパラメータまたは期待される種の欠如にもとづき、チャンバ内に存在することが予想されない質量種の検出により、エラー検出にも有効である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】関連チャンバ内のプロセスをモニタするプロセス・モニタリング装置であって、

前記チャンバ内の少なくとも1つのガスのレベルをモニタし、該レベルに応答する信号を生成する残留ガス分析装置手段と、

前記信号を受信し、該信号にもとづき前記チャンバ内の状態を判断する制御手段とを含む、装置。

【請求項2】前記残留ガス分析装置が少なくとも1つの質量分析計と、該質量分析計の出力を解釈する手段とを含む、請求項1記載の装置。

【請求項3】前記残留ガス分析装置が、前記チャンバと前記残留ガス分析装置間のガス・フローを制御する複数のバルブを含む、請求項1記載の装置。

【請求項4】前記制御手段が前記複数のバルブにおけるガス・フローを制御する手段を含む、請求項3記載の装置。

【請求項5】前記残留ガス分析装置が、前記複数のバルブの少なくとも1つにおけるガス・フローを制御する手段を含む、請求項3記載の装置。

【請求項6】関連エッチング・チャンバ内のエッチング・プロセスをモニタする終点検出装置であって、前記チャンバ内の少なくとも1つのガスのレベルをモニタし、該レベルに応答する信号を生成する残留ガス分析装置手段と、

前記信号を受信し、該信号にもとづき前記エッチング・プロセスを終了する制御手段とを含む、装置。

【請求項7】前記残留ガス分析装置が少なくとも1つの質量分析計と、該質量分析計の出力を解釈する手段とを含む、請求項6記載の装置。

【請求項8】前記残留ガス分析装置が、前記信号を生成する少なくとも1つの質量分析計を含み、前記制御手段が、前記質量分析計信号を分析するソフトウェアを含む、請求項6記載の装置。

【請求項9】前記エッチング・チャンバと前記残留ガス分析装置間のガス・フローを制御する複数のバルブを含む、請求項6記載の装置。

【請求項10】前記制御手段が前記複数のバルブにおけるガス・フローを制御する手段を含む、請求項9記載の装置。

【請求項11】前記残留ガス分析装置が、前記複数のバルブの少なくとも1つにおけるガス・フローを制御する手段を含む、請求項9記載の装置。

【請求項12】処理チャンバ内の状態をモニタする方法であって、
前記チャンバ内の少なくとも1つのガスを分析するステップと、
前記分析されたガスを表す信号を生成するステップと、
前記信号にもとづき、前記チャンバ内の状態を判断するステップと

を含む、方法。

【請求項13】前記分析するステップがエッチング・プロセスの間に実行される、請求項12記載の方法。

【請求項14】前記分析するステップがチャンバ洗浄の間に実行される、請求項12記載の方法。

【請求項15】前記少なくとも1つのガスを分析するステップが、前記チャンバ内の残留ガス分析を実行するステップを含む、請求項12記載の方法。

【請求項16】エッチング均一性の測定として、前記信号の時間勾配を分析するステップを含む、請求項13記載の方法。

【請求項17】エッチング・チャンバ内でエッチング・プロセスによりエッチングされる材料の除去を検出する方法であって、

前記エッチング・チャンバ内の少なくとも1つのガスを分析するステップと、前記分析されたガスを表す信号を生成するステップと、

前記信号にもとづき、前記エッチング・プロセスを終了するステップとを含む、方法。

【請求項18】前記少なくとも1つのガスを分析するステップが、前記エッチング・チャンバ内の残留ガス分析を実行するステップを含む、請求項17記載の方法。

【請求項19】前記分析するステップが、前記エッチング・プロセスのための少なくとも1つのエッチャントの残留ガス分析を含む、請求項18記載の方法。

【請求項20】前記分析するステップが、前記エッチング・プロセスにより生成される少なくとも1つのエッチング種の残留ガス分析を含む、請求項18記載の方法。

【請求項21】前記分析するステップが、前記エッチング・プロセスからの少なくとも1つのエッチング副産物の残留ガス分析を含む、請求項18記載の方法。

【請求項22】エッチングされる前記材料の下側にある材料を含み、前記分析するステップが、前記下側にある材料の残留ガス分析を含む、請求項18記載の方法。

【請求項23】エッチング均一性の測定として、前記信号の時間勾配を分析するステップを含む、請求項18記載の方法。

【請求項24】前記終了するステップが、前記信号の少なくとも1変化を検出し、前記変化の検出にもとづき、前記エッチング・プロセスを終了するステップを含む、請求項18記載の方法。

【請求項25】エッチング・チャンバ内でエッチング・プロセスに晒されるポリシリコン・ゲート構造の完全性を検出する方法であって、

前記エッチング・チャンバ内の少なくとも1つのガスを分析するステップと、前記分析されたガスを表す信号を生成するステップと、

前記信号にもとづき、前記エッチング・プロセスの進行を判断するステップと、

前記エッチング・プロセスの進行を前記構造の完全性に

相関付けるステップとを含む、方法。

【請求項26】前記少なくとも1つのガスを分析するステップが、前記エッチング・チャンバ内の残留ガス分析を実行するステップを含む、請求項25記載の方法。

【請求項27】前記分析するステップが、前記エッチング・プロセスのための少なくとも1つのエッチャントの残留ガス分析を含む、請求項26記載の方法。

【請求項28】前記分析するステップが、前記エッチング・プロセスにより生成される少なくとも1つのエッチング種の残留ガス分析を含む、請求項26記載の方法。

【請求項29】前記分析するステップが、前記エッチング・プロセスからの少なくとも1つのエッチング副産物の残留ガス分析を含む、請求項26記載の方法。

【請求項30】エッチングされる前記材料の下側にある材料を含み、前記分析するステップが、前記下側にある材料の残留ガス分析を含む、請求項26記載の方法。

【請求項31】前記終了するステップが、前記信号の少なくとも1変化を検出し、前記変化の検出にもとづき、前記エッチング・プロセスを終了するステップを含む、請求項26記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体プロセスに関して、特に多層半導体構造内に微細なフィーチャを画定するときのエッチング・プロセスの終点検出に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体プロセスでは、フィーチャを多層構造内にエッチングすることにより、高精度なフィーチャが画定されなければならない。特に、露出されるべき下側の材料まで過剰にエッチングすること無しに、多層構造内の隣接する材料層の接合部において、エッチング・プロセスを停止する能力がきわめて重要である。エッチング・プロセス（例えばプラズマ・プロセスなど）の時間を調節することが明白な解決策であるが、温度や気圧などのエッチング・プロセス変数または材料の特性の僅かな変化が、エッチングが進行するスピードに根本的に影響し得る。

【0003】過剰エッチングに対する1つの解決策は、多層構造内にエッチング停止層を提供することである。エッチング停止層は、先行する層をエッチングする同一のプロセスにより容易にエッチングされない材料から成る。しかしながら、電界効果トランジスタを用いるCMOS技術及び他の技術では、構造の最も厳密な層は、導電ゲート層を下側の導電基板から分離するゲート酸化物である。この層はスピード性能を直接決定し、エッチング・プロセスに対するその選択性に関する問題点を排除するように最適化されなければならない。層の厚さは技術世代の進化と共に薄くなり、2nmの厚さに近づきつつあり、ゲート材料が除去されるポイントを越えてエッチングするための公差がほとんど残されていない。厳密

度の点で劣る他の構造では、追加のエッチング停止層またはより厚い下層を追加することが可能である。しかしながら、これは素子性能に悪影響を及ぼす潜在的の他に、プロセスの複雑度及びコストを増す欠点がある。

【0004】多層構造のエッチング・プロセスを停止させるポイントを決定する好適なアプローチは、光学発光分光法(OES)により、界面に関連付けられるプラズマ化学の変化をモニタすることである。別のアプローチは、光干渉法によりエッチングされる層の消滅を検出することである。両方の技術からの信号が、プロセスが終了されるべきポイントを決定するために使用される。しかしながら、層の厚さの低減が新たな技術により要求されるにつれ、前述のいずれのアプローチも過剰エッチングの問題を完全に取り除くには厳密性に欠ける。

【0005】正確に構造をエッチングする要求に加え、半導体メーカーにとって益々重要となりつつある要求は、生産性の向上である。生産性に対する阻害要因は、処理チャンバの調節及び適合化に関する時間である。チャンバ洗浄ステップ及び調節ステップの終点を最適化する方法を提供することが望ましい。

【0006】生産性の別の阻害要因は、前のステップで不正に処理されたウエハによる1つ以上のチャンバの汚染であり、これは追加の費用、並びに追加のツール洗浄のために失われるツール時間を招く。ツールへの影響を最小化するように、プロセスが終了されるように、こうしたウエハを検出する方法を提供することが望ましい。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】従って、本発明の目的は、過剰エッチングを回避するために、エッチング・プロセスが終了されるべきポイントを正確に決定する、終点検出のための方法及び装置を提供することである。

【0008】本発明の別の目的は、追加の材料または構造の処理の必要性を排除する終点検出のための方法及び装置を提供することである。

【0009】更に本発明の別の目的は、特定のフェーズのプロセスが継続または終了されるべき時期を正確に決定する、プロセス・モニタリング方法及びシステムを提供することである。

【0010】更に本発明の別の目的は、チャンバ洗浄及び調節のために、終点検出を最適化する方法を提供することである。

【0011】更に本発明の別の目的は、プロセスが開始される以前に、処理チャンバ内の潜在的な汚染ウエハの存在を検出するために使用され得る技術を提供することである。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明のこれらの及び他の目的が、残留ガス分析を用いて、処理チャンバ内のガス（例えばエッチング種、エッチャント、添加ガスなど）を分析することにより、モニタされるプロセスが完

パ内に存在すべきでない材料や、例えばウエハ上の残留フォトリソの存在などの、エラー状況を示す材料の存在、及び不要な周囲ガスの存在などを検出するように装備される。

【0020】プロセスからのガス種をモニタするとき、または気体不純物をモニタするときの別のエラー要因は、ツールの正規の操作がしばしば、短い期間、干渉信号を生じることである。干渉信号は、信号データの誤った解釈や、モニタリング・アルゴリズムを妨害する人為結果を生じ得る。ツールから得られる信号は、無関係な信号を除去し、所望の情報を含むフィルタリングされた信号を生成するために、RGAモニタリング・プログラムにより使用され得る。

【0021】PLCは独立の制御装置であるので、サンプリング・バルブの状態を変化させるなど、しばしば保護動作を実行する。RGAモニタリング・プログラムは、RGAツールと一緒に、或いは(図示のように)制御ユニット内に配置されて、変化を認識し、適切なルーチン呼び出すことにより、正規の操作を再度確立したり、プロセス・ツールにそれがもはやRGAの制御下でないことを知らせなければならない。同様に、RGAプログラムは、終点条件または無制御状況を検出するとき、コマンドをPLCに送信し、電気的手段または他の手段により、PLCにツール操作を禁止させ得る。最後に、PLCは制御プログラムからの信号またはメッセージをモニタし、それが作動状態か否かを判断できる。作動状態でない場合、PLCはプロセスがRGAによりモニタされていないことを示す警報を伝える。

【0022】RGA信号は、モニタされるガスの濃度を反映するトレースまたは曲線を提供する。RGA信号を受信し、信号を解釈するためのアルゴリズムを呼び出し、モニタされるプロセス条件の変化を示す信号の変化に反応することが、個別化すなわちカスタマイズ化されたRGA制御ソフトウェアの役割である。例えばこうした信号は、ポリシリコン・エッチングが完了し、酸化物エッチングがまだ開始していないポイントを示す。この時、制御ユニットが、プロセスの停止につながるステップを実行することにより応答する。

【0023】RGA装置または制御ユニットは、更にRGAスペクトル・トレースまたはスペクトル情報を有するPLCステータス・ストリングを記憶する記憶手段を提供され得る。こうした情報は、プロセスまたはツールの状況の評価以外に、モニタリング・プロセスを微調整するために有用である。当業者には明らかなように、更に記憶能力を最大化するために、信号情報を圧縮する手段を提供することが望ましい。

【0024】図2は、本発明に従う代表的なプロセス・フローを示す。当業者であれば、本プロセスを表す基本機能から逸脱することなく、多くのプロセス・フロー・ステップが増補され、結合され、或いは変更され得るこ

とが理解できよう。RGA制御プログラムは一般に、遊休状態において、プロセスが開始したことの指示を待機する。こうした指示は、例えばキー押下などの手動操作に基づいて、または"プロセス・ガス・バルブのオープン"などのツール上の構成要素によって発生される信号に基づいて、あるいはLANまたは他の通信形態を介して工場制御システムから受信されるメッセージに基づいて、得られる。一旦予備ステップとして開始されると、RGAプログラムがPLCに、校正用ガスの容器に通じるバルブを開き、ガスのスペクトルを獲得するように指令する。ガスの分析は、RGAの適切な操作を保証し、その感度を校正する役割をする。RGAソフトウェアが問題を検出すると、それは矯正操作を試みる。矯正操作が可能でない場合、RGAソフトウェアは自身が機能不能であることを知らせ、遊休状態に戻る。RGA機能がプロセスにとって極めて重要な場合、ツールはプロセスの開始を阻止される。

【0025】RGAシステムが良好に機能している場合、RGAはPLCに、ツールに通じるバルブの1つを開き、プロセス・ガスをサンプリングするように指令する(ステップ201)。ステップ202で、PLCがバルブのオープンを許可しない場合(例えば、圧力がRGAが安全にサンプリングできるレベルを越える場合など)、RGAプログラムはPLCがバルブのオープンを許可するまで待機する。正規の操作ではバルブが開かれ、RGAがガスのスペクトルを測定する(ステップ203)。図示の代表的なプロセス・フローでは、次にステップ204で、モニタされたスペクトルが、当業者には周知の信号処理アルゴリズムを用いて分析され(例えば、エッチング生成物のイオン化部分の信号を調査し、それが最小値に達したか否かを確認することによる)、プロセスの特定のステージを示すチャンバ内の条件を検出する。検出条件が存在する場合(例えば信号が最小値に達した場合)、それがステップ205で判断され、情報がPLCまたは通信ポートを介してツールに中継される(ステップ206)。その情報の受信に応答して、ツールはステップ207で応答ルーチンに入る(例えば、終点が表示された場合、プロセスを終了する)。RGAはモニタされるプロセスが完了するまで、走査情報の収集を継続する。

【0026】適切な待機期間の後、もはやプロセスが指示されないか、ツールがプロセスの完了を示すメッセージを伝える場合、RGAプログラムは最終フェーズ(図示せず)に入り、RGAシステムの適切な性能を保証するための追加のRGA特有の診断情報を収集する。RGAプログラムは次に、ツール及び丁度完了したプロセスの総合性能を決定するために獲得されたデータの事後分析を実行し、理想的には事後分析または問題解決のために、この情報をプロセス・データの概要または全データ・セットと一緒に、データベースまたは統計的プロセス

制御システムに送信し、これらがデータ貯蔵部に記憶される。

【0027】図3は、塩素及び臭素ベースのプラズマを用いて、5nmの酸化物を有するポリシリコン全面付着ウエハをエッチングする間に、選択的にモニタリングされた幾つかの質量種のサンプル・トレースを示す。図示のように、RGAはプラズマ内の様々な質量種の濃度を検出及びモニタすることができる。それらには例えば、C1（例えば12で示される70AMU（AMUは原子質量単位を表す））などの供給ガスまたは供給ガスにより運搬されるエッチャントのクラッキング（分解）パターンの追跡や、例えばシリコンのエッチングの間に生成されるSiCl（例えば13で示される63AMU）またはSiBr（例えば14で示される107AMU）などの、エッチングの間に生成されるエッチング種の検出や、SiOまたはCO₂（例えば15で示される44AMU）の検出や、または壁衝突反応から生成される種（例えばHCl（図示せず））などの、エッチングのために使用される反応性プラズマからの副産物の検出が含まれる。

【0028】光学的終点検出に勝るRGAの重要な利点の1つは、終点検出のためにモニタされるガスの特定の質量数を識別する上で、曖昧性がめったにないことである。図3に示されるトレースからわかるように、RGA終点はエッチングの間に何が起きているかに関する正確な情報を含む。終点アプリケーションでは、エッチング生成物またはエッチャントの種の選択を、当初は質量スペクトル内で非常に低いバックグラウンドを有し、エッチングが発生するとき、ピーク強度において大きな増加（理想的には少なくとも2桁乃至3桁の大きさ）を示すように最適に選択する。

【0029】エッチャント種の変化の分析もエッチングの終点の検出に役立つが、エッチング生成物種がモニタリングのための好適な選択であることが判明した。例えば、臭素ベースのプラズマ内でのポリシリコンのエッチングの間、SiBrエッチング生成物に相当する質量数107AMUが、当初は10⁻¹²A程度の非常に低いバックグラウンドを有するが、Siエッチングの間に10⁻⁸Aのレベルのピーク強度の大きな増加を示し、Siエッチングが停止するや否や、図3の14で示されるように、急速に初期のバックグラウンド・レベルに戻る。RGAはSiBr強度の1%の変化を容易に検出でき、これはSiエッチングの状況を直接反映する。SiClは13で示されるように、塩素ベースのプラズマ内で類似に振る舞う。エッチャント、添加ガス、及びマスクや下側にある材料のエッチング生成物（例えばSiO、44AMU）などの他の種は、遥かに小さな強度の変化を示した。SiOの検出のためのRGA分析は、エッチング生成物種RGAほど終点検出のために有効ではないが、それでもこうした分析は終点検出を可能にする結果を生

成し得る。このアプローチは、強度が通常非常に低い質量において、分子断片（フラグメント）を生じる材料を下層を含む場合（例えば下層TiNにおいて86AMUのTiF₂+）、特に好適である。

【0030】モニタされる特定の同位体または分子断片、及びエッチング・プロセスの間のその振舞いにより、モニタリングの間に干渉が生じ得る。従って、異なる同位体または分子断片が直ちにモニタされ、干渉にもとづく誤った検出を回避したり、信号対雑音比を向上させることができる。操作に際して、RGA終点システムによる正確で高速の高感度の終点検出は、高速RGA測定と共に、モニタされる種の注意深い選択を要求する。RGA測定応答時間は、エッチング条件に応じて変化する。例えば、厚い下側の酸化物層を有するポリシリコン全面付着ウエハの、臭素ベースのプラズマ内でのエッチングの間のRGA信号の時間応答が図4に示される。図4のフロー・オフ応答曲線16は、RFパワーが遮断され、供給ガスHBr用のバルブが閉じられたときの時間応答を示す。モニタされるエッチング生成物SiBrは、3秒以内に10⁻¹²Aの初期レベルまで減少する。RFパワーだけがオフで、HBrが一定圧力で流れている時には、図4のフロー・オン応答曲線17で示されるように、SiBrが前の場合とほぼ同じ速度で減少する。従って、RGA応答時間は約2秒乃至3秒と予測される。しかしながら、Siエッチングが継続し、SiO₂内まで過剰エッチングするようになると、SiBrは曲線18（「SiO₂までエッチング」と示されている）で示されるように、3秒以下のRGA時定数よりもゆっくりと減少する（RGA信号が約20秒で1桁減少する）。SiBrの低下速度は、ウエハに渡るSiエッチング速度の均一性に直接相関付けられる。すなわち、エッチングの均一性が厳格であるほど、SiBr濃度の減少は鋭くなる。SiBrはSiエッチングだけではなくSiO₂のエッチングからも生成されるが、それらのエッチング速度の既知の差を考慮すると前者の成分が支配的である。従って、前述の実験条件を前提にすると、SiBrの量または濃度はSiエッチングの直接測定となる。

【0031】図5は、臭素ベースのプラズマを用いるゆっくりしたエッチング・ステップから得られた、SiBr（19で示される107AMU）のRGA終点トレースを示す。直接比較として、2つのOES終点トレースがウエハ上の異なるポイントから同時に得られ、OESはゆっくりしたプラズマ・エッチングの間に、482nm波長（もっぱら20及び21で示されるCO発光）をモニタした。エッチングされたサンプルは、2.5nmの厚さのゲート酸化物上の200nmの厚さのポリシリコンであった。図5の検査から理解されるように、2.5nmの酸化物により、光干渉のフリッジ（明暗の縞模様）がかろうじて検出可能であった。OES終点は、薄

いゲート酸化物がHBrプラズマにより侵されていたとき、恐らくCO発光の増加を検出したと思われる。しかしながら、OES終点検出情報は極めてあいまいで、定性的であり、酸化物のエッチングが開始したときの明白な指示を提供しない。他方、RGAトレースは明白な時間情報を提供する。エッチングがSi/酸化物界面に近づくと、ポイントAとポイントBの間のSiBr強度の初期の低下が、酸化物からのポリシリコンの除去を反映し、これがポイントBで完了する。ポイントBとポイントCの間のSiBrの上昇は、ゲート酸化物の突破及び下側のSiのエッチングを示し、ゲート酸化物がポイントCまでに完全に失われる。従って理想的には、ゲート酸化物を保護するために、エッチングはRGAトレース19の最小レベルのポイントBで停止しなければならない。OESTレースは、A'及びA''においてゲート酸化物の突破の開始を曖昧に示すだけで、酸化物の突破が完了した時期の明確な指示を提供しない。

【0032】図5のRGAトレース19の時間勾配は、ウエハに渡るエッチング速度の均一性により決定される。従って、ポイントAとBの間の勾配は、ポリシリコンのエッチングの均一性を示し、ポイントBとCの間の勾配は、ゲート酸化物のエッチングの均一性を反映する。集積回路のサイズが減少し（すなわちより小さな垂直寸法及び水平寸法）、同時に要求回路密度が増加するにつれ（すなわち高密度なトポグラフィ）、2つの材料の界面におけるエッチング速度及びエッチング均一性が極めて重要な値となり、単にバルク材料の振舞いから推測され得ない。例えば、RGA終点技術により検出されるゲート酸化物の初期の速いエッチング（すなわち、ポリシリコンとゲート酸化物の界面における、最初の1nm乃至1.5nmのゲート酸化物の速い除去速度）は、界面における酸化物上のポリシリコンの選択性が、同一の2つのバルク材料をエッチングする選択性よりも約5倍低いことを示す。エッチング均一性は、RGA終点技術によりリアル・タイムにモニタできる、すなわち、ゲート酸化物の突破以前に、全てのポリシリコンが除去されるほどエッチング均一性が十分に良好であるか否かを示すリアル・タイム標識として、RGAトレースのポイントAからポイントBへの低下の勾配及び値をモニタすることができる。RGAトレースは更に、例えば下側にある材料がピンホールを有するか否か、或いは完全に除去されたか否かなど、ポリシリコン・ゲート・スタック構造の完全性を評価するリアル・タイム方法を提供する。更に、ツールの状態が複数のサンプル/ウエハ間の勾配の変化から検出され、勾配の変化がツールの老朽化または不整合を示し得る。

【0033】図6は、ゲート酸化物が僅かに2nmの厚さで、ゲート長が100nm以下の場合の、CMOS素子の製造ランの間に獲得されたRGA及びOESの両方の終点トレースを示す。ポリシリコン・エッチング・ブ

ロセスは、図6に示されるように、SiBr22の初期の立ち下がりAを生じるHBr/Cl₂/O₂による主エッチング・ステップ(MAIN)と、SiBrの立ち上がり部分Bおよび低下部分Cを与えるHBr/O₂によるゆっくりしたエッチング・ステップ(SLOW)とを含む。エッチングは、SiBrが最小点Dを通過した後、上昇し始めたとき停止された。走査電子顕微鏡(SEM)検査は、全てのポリシリコンが除去され、酸化物の突破が観察されなかったことを示した。別のラン(図示せず)では、SiBrの最小点の後、過剰エッチングが故意に15秒間実施された。SiBrが15秒の間に、4分の1の回復から4分の4（すなわち完全な）回復に達した。続くSEM検査は、Siエッチング速度がより速いウエハのエッジ付近の薄いゲート酸化物の突破を示した。比較のために、2つの異なるスポットから獲得された2つのOES信号23及び24がモニタされ、それらが図6に示される。OESTレースは、薄いゲート酸化物が侵された時期の明白な指示を提供しない。

【0034】要するに、RGAをCMOS形成（但しこれに限られるわけでない）に好適な終点検出手段として使用可能な、データ取得ソフトウェアを有するRGA装置が開発された訳である。RGA終点は、100nm以下のゲート長を有する実際のCMOS素子により立証されたように、CMOS素子の超薄型ゲート酸化物を保護する方法を提供する。この終点検出技術は、使用可能な最小のリソグラフィック・フィーチャ（例えば50nm以下のゲート長）、及びCMOS技術の今日の限界におけるゲート酸化物の厚さにも拡張可能であることが示された。本方法は更に、エッチング・チャンバの洗浄をモニタするためにも使用可能で、それによりチャンバの摩耗及び破損を救い、ガスのコストを節約し、不要な発光を低減することができる。RGA装置及び方法の別の潜在的なアプリケーションは、例えば残留フォトレジストを有するウエハなど、不注意にチャンバ内に挿入された汚染されたウエハを検出することである。被覆されたウエハに対して処理が開始されると、フォトレジストの分解から生じる異物が、ツール及び続いて処理されるウエハの完全性に悪影響を及ぼす。更に、処理の不正なステージにおけるエッチング・チャンバ内へのガスの導入や、不正なガスの不注意な導入などの、他のツーリング・エラーがRGA装置により検出され、災害を回避するための情報が中継され得る。

【0035】まとめとして、本発明の構成に関して以下の事項を開示する。

【0036】(1) 関連チャンバ内のプロセスをモニタするプロセス・モニタリング装置であって、前記チャンバ内の少なくとも1つのガスのレベルをモニタし、該レベルに応答する信号を生成する残留ガス分析装置手段と、前記信号を受信し、該信号にもとづき前記チャンバ内の状態を判断する制御手段とを含む、装置。

(2) 前記残留ガス分析装置が少なくとも1つの質量分析計と、該質量分析計の出力を解釈する手段とを含む、前記(1)記載の装置。

(3) 前記残留ガス分析装置が、前記チャンバと前記残留ガス分析装置間のガス・フローを制御する複数のバルブを含む、前記(1)記載の装置。

(4) 前記制御手段が前記複数のバルブにおけるガス・フローを制御する手段を含む、前記(3)記載の装置。

(5) 前記残留ガス分析装置が、前記複数のバルブの少なくとも1つにおけるガス・フローを制御する手段を含む、前記(3)記載の装置。

(6) 関連エッチング・チャンバ内のエッチング・プロセスをモニタする終点検出装置であって、前記チャンバ内の少なくとも1つのガスのレベルをモニタし、該レベルに応答する信号を生成する残留ガス分析装置手段と、前記信号を受信し、該信号にもとづき前記エッチング・プロセスを終了する制御手段とを含む、装置。

(7) 前記残留ガス分析装置が少なくとも1つの質量分析計と、該質量分析計の出力を解釈する手段とを含む、前記(6)記載の装置。

(8) 前記残留ガス分析装置が、前記信号を生成する少なくとも1つの質量分析計を含み、前記制御手段が、前記質量分析計信号を分析するソフトウェアを含む、前記(6)記載の装置。

(9) 前記エッチング・チャンバと前記残留ガス分析装置間のガス・フローを制御する複数のバルブを含む、前記(6)記載の装置。

(10) 前記制御手段が前記複数のバルブにおけるガス・フローを制御する手段を含む、前記(9)記載の装置。

(11) 前記残留ガス分析装置が、前記複数のバルブの少なくとも1つにおけるガス・フローを制御する手段を含む、前記(9)記載の装置。

(12) 処理チャンバ内の状態をモニタする方法であって、前記チャンバ内の少なくとも1つのガスを分析するステップと、前記分析されたガスを表す信号を生成するステップと、前記信号にもとづき、前記チャンバ内の状態を判断するステップとを含む、方法。(13) 前記分析するステップがエッチング・プロセスの間に実行される、前記(12)記載の方法。(14) 前記分析するステップがチャンバ洗浄の間に実行される、前記(12)記載の方法。

(15) 前記少なくとも1つのガスを分析するステップが、前記チャンバ内の残留ガス分析を実行するステップを含む、前記(12)記載の方法。

(16) エッチング均一性の測定として、前記信号の時間勾配を分析するステップを含む、前記(13)記載の方法。

(17) エッチング・チャンバ内でエッチング・プロセスによりエッチングされる材料の除去を検出する方法で

あって、前記エッチング・チャンバ内の少なくとも1つのガスを分析するステップと、前記分析されたガスを表す信号を生成するステップと、前記信号にもとづき、前記エッチング・プロセスを終了するステップとを含む、方法。

(18) 前記少なくとも1つのガスを分析するステップが、前記エッチング・チャンバ内の残留ガス分析を実行するステップを含む、前記(17)記載の方法。

(19) 前記分析するステップが、前記エッチング・プロセスのための少なくとも1つのエッチャントの残留ガス分析を含む、前記(18)記載の方法。

(20) 前記分析するステップが、前記エッチング・プロセスにより生成される少なくとも1つのエッチング種の残留ガス分析を含む、前記(18)記載の方法。

(21) 前記分析するステップが、前記エッチング・プロセスからの少なくとも1つのエッチング副産物の残留ガス分析を含む、前記(18)記載の方法。

(22) エッチングされる前記材料の下側にある材料を含み、前記分析するステップが、前記下側にある材料の残留ガス分析を含む、前記(18)記載の方法。

(23) エッチング均一性の測定として、前記信号の時間勾配を分析するステップを含む、前記(18)記載の方法。

(24) 前記終了するステップが、前記信号の少なくとも1変化を検出し、前記変化の検出にもとづき、前記エッチング・プロセスを終了するステップを含む、前記(18)記載の方法。

(25) エッチング・チャンバ内でエッチング・プロセスに晒されるポリシリコン・ゲート構造の完全性を検出する方法であって、前記エッチング・チャンバ内の少なくとも1つのガスを分析するステップと、前記分析されたガスを表す信号を生成するステップと、前記信号にもとづき、前記エッチング・プロセスの進行を判断するステップと、前記エッチング・プロセスの進行を前記構造の完全性に相関付けるステップとを含む、方法。

(26) 前記少なくとも1つのガスを分析するステップが、前記エッチング・チャンバ内の残留ガス分析を実行するステップを含む、前記(25)記載の方法。

(27) 前記分析するステップが、前記エッチング・プロセスのための少なくとも1つのエッチャントの残留ガス分析を含む、前記(26)記載の方法。

(28) 前記分析するステップが、前記エッチング・プロセスにより生成される少なくとも1つのエッチング種の残留ガス分析を含む、前記(26)記載の方法。

(29) 前記分析するステップが、前記エッチング・プロセスからの少なくとも1つのエッチング副産物の残留ガス分析を含む、前記(26)記載の方法。

(30) エッチングされる前記材料の下側にある材料を含み、前記分析するステップが、前記下側にある材料の残留ガス分析を含む、前記(26)記載の方法。

15

(31) 前記終了するステップが、前記信号の少なくとも1変化を検出し、前記変化の検出にもとづき、前記エッチング・プロセスを終了するステップを含む、前記(26)記載の方法。

【図面の簡単な説明】

【図1】本システムの概略図である。

【図2】本発明に従う代表的なプロセス・フローを示す図である。

【図3】様々なエッチング生成物、エッチャント及び材料のモニタリングからのRGA信号のプロットである。

【図4】様々なプロセス条件の下でのSiエッチングの

16

モニタリングから生じるRGA信号の比較を示す図である。

【図5】1エッチング・サイクルの間に獲得されるRGA信号とOES信号との比較を示す図である。

【図6】2.2nmのゲート酸化物を有するパターニングされたSiウエハのエッチングの間の、RGA信号及びOES信号の比較トレースを示す図である。

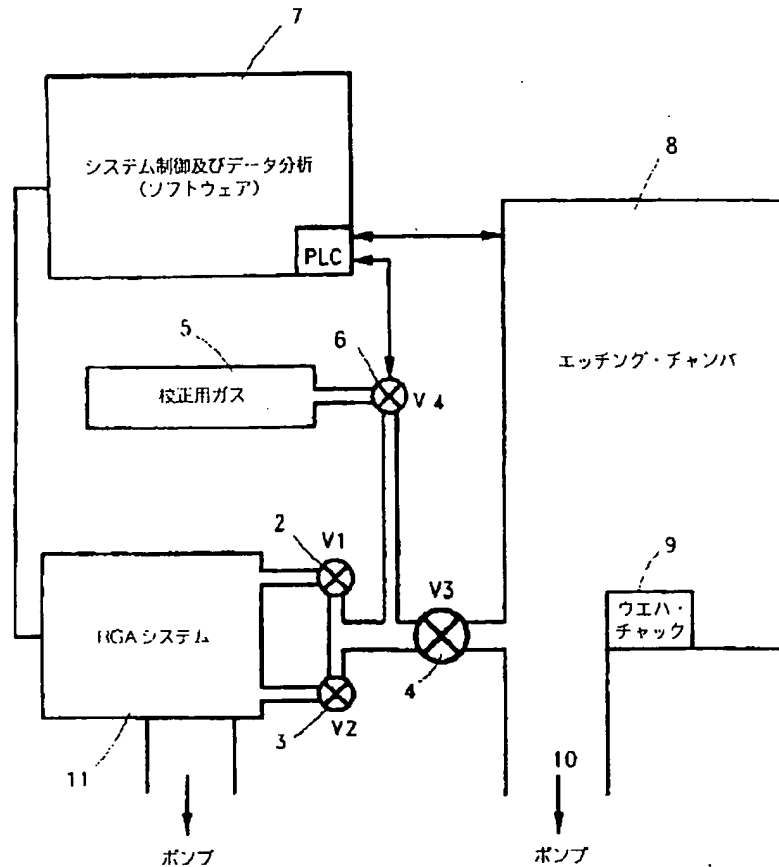
【符号の説明】

2、3、4、6 バルブ

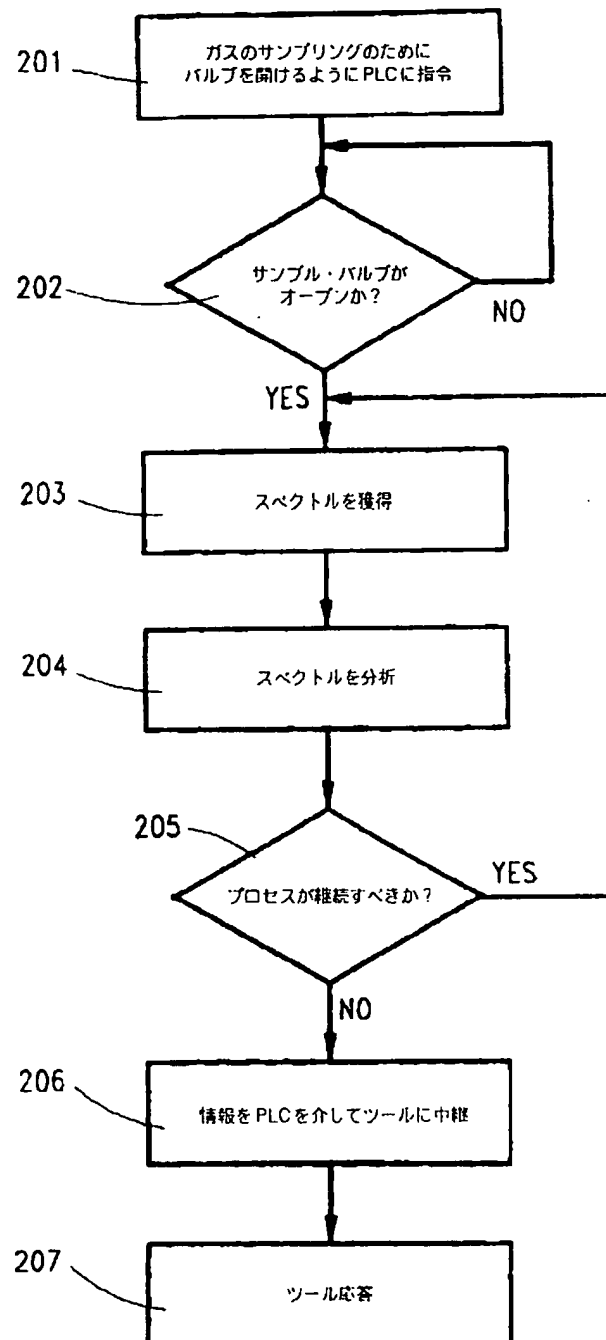
16 フロー・オフ

17 フロー・オン

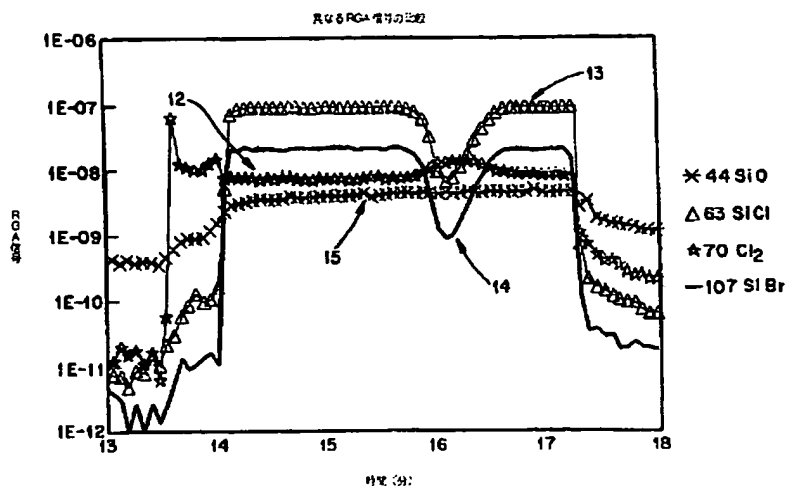
【図1】



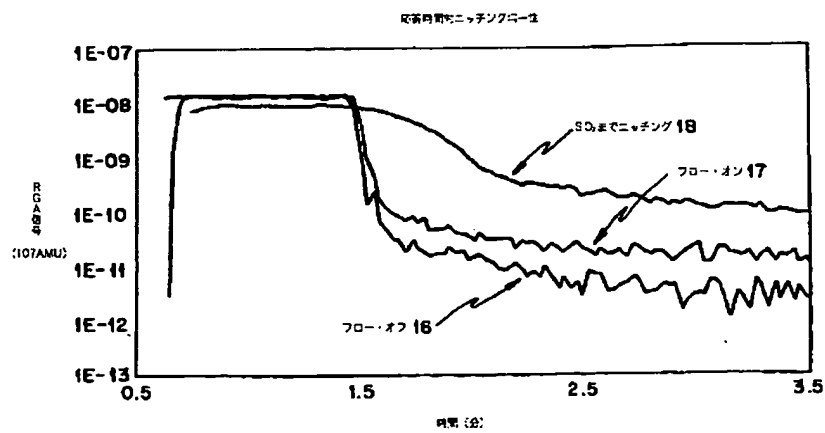
【図2】



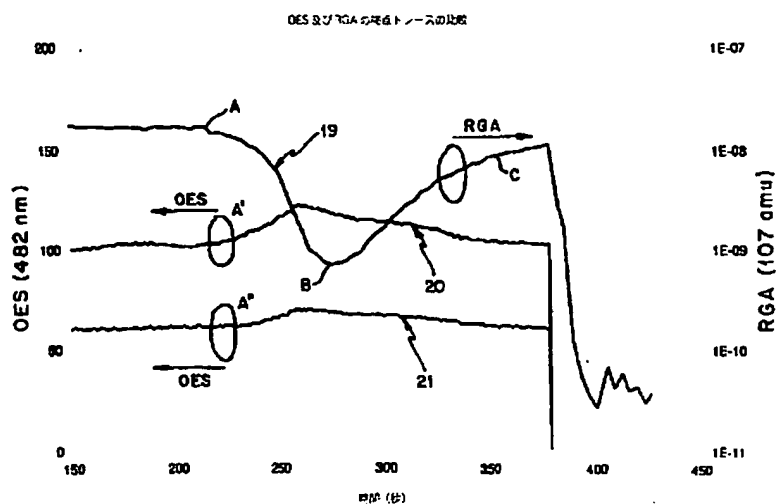
【図3】



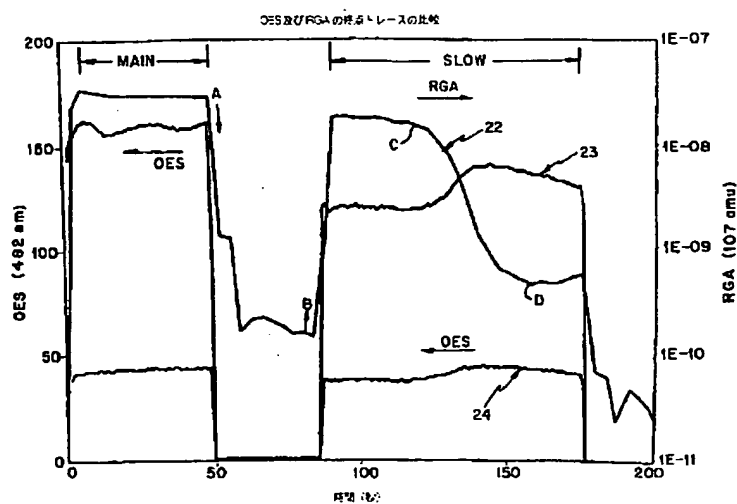
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 ハリー・ダグラス・クラーク
アメリカ合衆国12589、ニューヨーク州ウ
ォールキル、ロッサ・ロード 19

(72)発明者 マイケル・エイ・コブ
アメリカ合衆国、ニューヨーク州クロト
ン・オン・ハドソン、モーニングサイド・ド
ライブ 97

(72)発明者 ドリーン・ドミニカ・ディミリア
アメリカ合衆国10570、ニューヨーク州ブ
レザントビル、グレート・オーク・レーン
69

(72)発明者 ヤング・フーン・リー
アメリカ合衆国10589、ニューヨーク州ソ
マーズ、バルマ・ロード 3

(72)発明者 マーク・リーランド・リース
アメリカ合衆国05478、バーモント州セン
ト・アルバンズ、メドーブルック・レーン
14

(72)発明者 エドモンド・マリオン・シコルスキ
アメリカ合衆国10921、ニューヨーク州フ
ロリダ、モリス・ドライブ 6

(72)発明者 イン・ザング
アメリカ合衆国10598、ニューヨーク州ヨ
ークタウン・ハイツ、ロダー・ロード
180